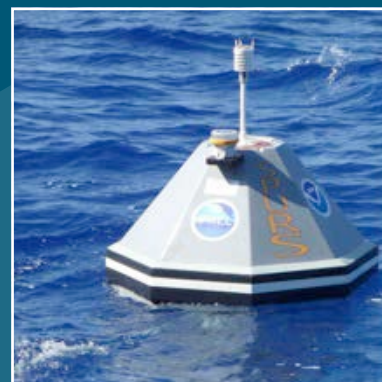


# Avances en la observación y en la predicción del fenómeno de El Niño-Oscilación del Sur

por Neville Smith<sup>1</sup>, William S. Kessler<sup>2</sup>, Katherine Hill<sup>3</sup> y David Carlson<sup>4</sup>



Boya perfiladora fondeada en el océano, alimentada por la energía de las olas.

En el contexto del Marco Mundial para los Servicios Climáticos (MMSC) se ha manifestado que tanto los gobiernos, como las empresas privadas y los particulares están solicitando servicios climáticos cada vez más sofisticados. Sin embargo, algunas partes de la red de observación oceánica —de suma importancia para el suministro de servicios climáticos— se encuentran en peligro, y el desarrollo de los sistemas de predicción climática no está manteniendo el ritmo adecuado en condiciones de exactitud y fiabilidad.

Nos hallamos en una fase crítica por lo que se refiere a la observación y a la predicción del fenómeno de El Niño-Oscilación del Sur (ENOS). Esta circunstancia brinda una oportunidad a científicos, expertos tecnológicos, ingenieros y servicios climáticos operativos para reactivarse y promover cambios notables que se traduzcan en sólidos beneficios para la OMM y para el MMSC.

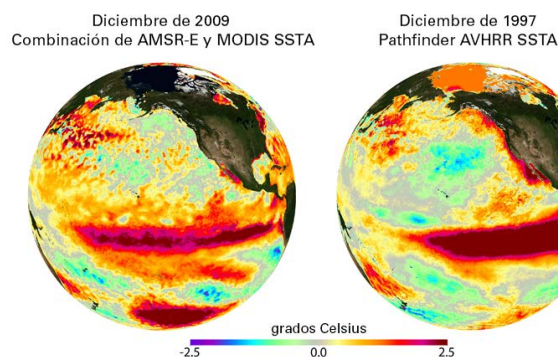
## ENOS: un problema a resolver

El fenómeno de ENOS se refiere a la alternancia entre la fase climática de El Niño en el océano Pacífico tropical y su fase opuesta, La Niña. El índice de Oscilación Austral recoge las diferencias de presión atmosférica en superficie este-oeste que se asocian a estos cambios. ENOS está acompañado por variaciones en la temperatura del océano y por una dislocación de la circulación atmosférica; es posible predecir algunos de estos aspectos, lo que significa que para ciertas observaciones del estado climático, en particular del océano Pacífico tropical, y utilizando modelos que sintetizan nuestra comprensión de la variabilidad climática, podemos predecir las

condiciones de ENOS con cierta habilidad y ofrecer proyecciones de temperatura y precipitación en otras regiones.

La comprensión y predicción del comienzo y de la duración de las fases de ENOS ha proporcionado una base para la entrega rutinaria de proyecciones climáticas estacionales, y de los servicios e informaciones relacionados, a las regiones afectadas por ENOS. Aunque la predecibilidad de este fenómeno cuenta con sólidos fundamentos científicos, la predicción de sus impactos globales es notablemente más difícil ya que estos suelen producirse en escalas regionales y pueden verse influenciados por efectos regionales y/o locales.

Media mensual de la temperatura y de la altura de la superficie del mar respecto a las condiciones normales



Anomalía durante un episodio de El Niño entre el Pacífico oriental y el central.

<sup>1</sup> Copresidente del Sistema de observación del Pacífico tropical (TPOS), científico jubilado, Melbourne (Australia).

<sup>2</sup> Copresidente del Sistema de observación del Pacífico tropical, Laboratorio ambiental marino del Pacífico, Seattle (Estados Unidos de América).

<sup>3</sup> Funcionario de programa, Observaciones oceánicas con fines físicos y climáticos, Sistema Mundial de Observación del Clima (SMOC).

<sup>4</sup> Director del Programa Mundial de Investigaciones Climáticas (PMIC).

ENOS continúa siendo un problema digno de resolverse —apenas existen señales climáticas semirregulares naturales cuya predicción tenga tan amplio impacto— y todavía no lo hemos logrado. Seguimos sorprendiéndonos por la diversidad de episodios de ENOS. Las oscilaciones regulares de las décadas de 1960 y 1970 moldearon la comprensión inicial de este fenómeno. Las décadas de 1980 y 1990 estuvieron dominadas por las fases de El Niño, entre las que se incluyen los

extensos eventos de 1982/1983 y 1997/1998. El último periodo se ha caracterizado por cambios en las condiciones medias, por una variabilidad reducida y por el denominado El Niño “Modoki”.

## Observación y predicción de ENOS

De 1985 a 1994, un gran proyecto internacional, el Programa sobre los Océanos Tropicales y la Atmósfera Mundial (TOGA), creó un sistema de observación. Su principal razón de ser fue posibilitar la predicción de fluctuaciones climáticas interanuales a gran escala, particularmente El Niño y sus efectos globales. El componente en el océano Pacífico de los sistemas de observación del TOGA, completado en 1994, se conoce actualmente como Sistema de observación del Pacífico tropical (TPOS) y continúa prestando apoyo a los sistemas rutinarios de predicción y a la investigación.

En las zonas tropicales de los océanos Atlántico e Índico se desarrollaron las correspondientes redes, durante y después del TOGA, lo que facilitó la realización de predicciones estacionales y contribuyó a mejorar el conocimiento de la variabilidad climática en esas regiones.

A lo largo de los 20 años que han transcurrido desde el TOGA, se han añadido al TPOS nuevas tecnologías de observación *in situ* y por satélite, y ha tenido lugar una profunda evolución en la sofisticación de análisis, modelos y sistemas de predicción. Por otra parte, la comprensión de la variabilidad y de la predecibilidad del Pacífico tropical ha llegado a un punto en el que deben articularse nuevamente las necesidades observacionales y el diseño de sistemas.

La incertidumbre sobre los últimos episodios de ENOS, como el de 2014, se produce en el contexto de cambios sustanciales en todo el océano Pacífico y en todo el hemisferio norte. En marzo de 2014, algunos centros operativos predijeron un fenómeno de El Niño similar al de los episodios de 1982/1983 y 1997/1998, basándose en un conjunto de modelos de predicción que hasta ese momento se habían mostrado acertados. A mitad de año, ya era evidente que no se produciría un evento extenso. En cambio, la anomalía de la temperatura de la superficie del mar en el Pacífico tropical siguió una trayectoria mucho más fría, aunque todavía positiva. Al mismo tiempo, tuvo lugar un importante calentamiento de la superficie del mar en una amplia área del Pacífico septentrional, acompañado por grandes anomalías en la circulación del hemisferio norte, aunque quizá solo ocasionalmente. ¿Estas pautas hemisféricas y oceánicas encajan? Y, ¿cómo afectan a ENOS? Confusos por los evidentes fallos en las predicciones de ENOS en 2012, y otra vez en 2014, varios investigadores se preguntan si las variaciones en dicho fenómeno reflejan tendencias o cambios más importantes en el sistema climático a nivel mundial.

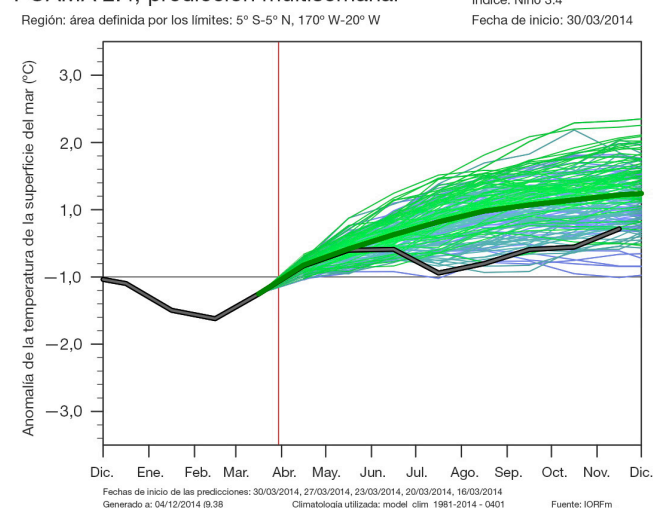
Varios modelos continúan planteando la posibilidad de un pequeño o moderado evento cálido después de mayo: aproximadamente, con una magnitud de un 50

o 60% que la del de febrero de 2015. Sigue sin estar claro si las debilidades de los sistemas de predicción actuales proceden de deficiencias intrínsecas de los modelos o de la falta de observaciones de las variables oceánicas fundamentales. También es posible que los sistemas de predicción hayan tenido simplemente un problema de mala suerte, ya que la mayor parte de los modelos de predicción contaban con componentes que estaban cerca de la trayectoria observada.

## Origen del Proyecto TPOS 2020

El deterioro de algunos elementos básicos en las redes del TOGA en los últimos años —y con ello, de la colaboración internacional asociada— pone de relieve los riesgos de un sistema que sustenta la competencia de las predicciones estacionales en todo el mundo, lo que requiere un renovado esfuerzo internacional para evaluar y rediseñar el sistema. Este esfuerzo ha de tener en cuenta, en primer lugar, el apoyo científico lógico que sustenta al TPOS y sus implicaciones de cara a un nuevo examen de necesidades, técnicas de observación y producción de datos. Y, en segundo lugar, debemos forjar un nuevo acuerdo internacional, no solo rediseñando el sistema, sino desarrollando las estructuras de gobierno requeridas para garantizar una red de observación eficiente, eficaz y sostenible para la próxima década y los años siguientes.

POAMA 2.4, predicción multisemanal



*Predicciones por conjuntos de ENOS (en verde) y de anomalía de temperatura real (en negro) en marzo de 2014 (fuente: Modelo predictivo océano-atmósfera de Australia (POAMA), Oficina de Meteorología de Australia, <http://poama.bom.gov.au/>).*

En enero de 2014, la Administración Nacional del Océano y de la Atmósfera (NOAA) de Estados Unidos de América y el Centro de Ciencias y Tecnologías Marinas del Japón (JAMSTEC), en colaboración con el Grupo de expertos sobre observaciones oceánicas con fines climáticos (OOPC)<sup>5</sup>, acordaron revisar el TPOS por medio de talleres y de libros blancos asociados.

<sup>5</sup> El Grupo de expertos sobre observaciones oceánicas con fines climáticos es un grupo de expertos del Sistema Mundial de Observación

De estas discusiones surgieron medidas urgentes para abordar el deterioro del sistema de observación, y también lo que se necesitaría para crear un sistema más robusto y sostenible. Se conformaron así las bases de los objetivos del Proyecto TPOS 2020.

Los 15 miembros del Comité Directivo del TOPS 2020 se reunieron por primera vez en octubre de 2014 para reafirmar estos objetivos y para planificar las etapas del Proyecto. Se acordó crear equipos de trabajo para apoyar las actividades necesarias, entre las que se incluían:

- la evaluación de la columna vertebral de la red de observación y de los aspectos a gran escala del TOPS;
- la elaboración de la necesidad científica y su viabilidad para llevar a cabo la observación de las capas límite planetarias, incluyendo los flujos atmósfera-mar, los procesos cercanos a la superficie y la variabilidad diurna;
- la evaluación de los diferentes planteamientos para la observación de las regiones en los límites oriental y occidental;
- el desarrollo de fundamentos y necesidades, así como de una estrategia, para realizar observaciones biogeoquímicas; y
- la consideración de propuestas para avanzar en la modelización y en la asimilación y síntesis de datos de modo que las observaciones puedan lograr el mayor impacto.

La red de toma de datos sostenida del TPOS 2020 constituye la “columna vertebral” del sistema. Se usa este término para subrayar que la columna vertebral sujeta y sirve de base a las otras partes del sistema de observación, algunas de las cuales solo pueden ser puestas en práctica por un tiempo limitado. La columna vertebral se diseñará de manera que mantenga la coherencia e inteligibilidad al tomar datos a ritmos y escalas que permitan la detección de la variabilidad y de las tendencias climáticas.

Ya que gran parte del uso y del beneficio de la producción de datos del TOPS se conseguirá por medio de la asimilación y la síntesis de modelos, habrá que considerar socios fundamentales tanto a la comunidad dedicada a los desarrollos de asimilación de modelos y datos como a los centros operativos de modelización. Los esfuerzos del TPOS 2020, entre los que se incluyen los estudios de los procesos integrados, se diseñarán con el fin de abordar los fenómenos relacionados con los errores sistemáticos en los modelos o para las situaciones donde se necesiten observaciones detalladas para dirigir el diseño del modelo. La primera reunión del Comité Directivo destacó propuestas para una mayor implicación de los centros de modelización en el desarrollo de estudios sobre procesos que respondan mejor a estas cuestiones. Entre los posibles estudios a realizar se encontrarán los enfocados a

una mayor comprensión de la relación entre las condiciones de la superficie del océano y la lluvia convectiva en los trópicos, y de los mecanismos que comunican las corrientes superficiales con la subsuperficie oceánica.

La Evaluación inicial del TOPS y los profundos debates mantenidos posteriormente en la reunión del TOPS 2020 dieron como resultado varias recomendaciones que definirán el planteamiento del proyecto a seis años vista y que incluirán, además de los asuntos ya destacados anteriormente, los siguientes:

- la consideración del sistema de observación como un todo integrado que incluya satélites, modelización, gestión de datos y modernas tecnologías *in situ*; así pues, el proyecto articulará las fuerzas de un enfoque multiplataforma apropiado a la variabilidad a escala múltiple del Pacífico tropical;
- la evaluación explícita de los riesgos del sistema de observación, teniendo en cuenta requisitos como la redundancia necesaria, la diversidad de sensores, etc.;
- la identificación y el mantenimiento de los registros climáticos de periodos largos;
- el análisis urgente de estrategias orientadas a minimizar el impacto de la reducción en la contribución de TRITON (Red transoceánica de boyas en triángulo) a la red de boyas fijas (unos 70 amarres en el océano Pacífico tropical, la principal fuente de datos observacionales de la capa superior del océano en este área de los últimos 25 años);
- el inicio de conversaciones con los organismos interesados para ampliar el compromiso en TOPS por lo que respecta al apoyo a navíos, la participación en estudios conjuntos sobre procesos, el desarrollo de modelos y de sistemas de asimilación de datos;
- el aprovechamiento de las oportunidades para efectuar observaciones desde los barcos que participan en las tareas de mantenimiento de los amarres, y la utilización de la red principal como infraestructura para posibilitar la realización de estudios de procesos de corta duración y para comprobar y mejorar la tecnología de observación; y
- el aseguramiento de unos niveles apropiados de inversión en el proceso de datos y en la distribución de productos.

## Departamentos y gestión

El TPOS 2020 ha de gestionarse y aplicarse en el contexto de las actividades de observación oceánicas existentes y programadas, en particular el Sistema Mundial de Observación de los Océanos y la Comisión Técnica Mixta OMM/COI sobre Oceanografía y Meteorología Marina (CMOMM), que coordinan la ejecución de muchas de las redes existentes en la comunidad oceanográfica.

Otros socios fundamentales son el proyecto Clima y Océano: Variabilidad, Predecibilidad y Cambio (CLIVAR),

del Clima, del Sistema Mundial de Observación de los Océanos y del Programa Mundial de Investigaciones Climáticas.



que es uno de los componentes básicos del Programa Mundial de Investigaciones Climáticas (PMIC), y el programa GODAE (Experimento mundial de asimilación de datos oceánicos) OceanView. El PMIC apoya varias actividades y proyectos de investigación relevantes para el TPOS 2020, particularmente en lo que respecta a la modelización y a los estudios de procesos. El trabajo del programa GODAE OceanView es importante en el ámbito de la predicción oceánica y de los estudios de los sistemas de observación previstos para el TPOS 2020.

El TPOS 2020 es un proyecto para el cambio. Funcionará de manera independiente y negociará con sus patrocinadores la forma de garantizar que todos los departamentos y enlaces estén gestionados adecuadamente. Así pues, la gestión del Proyecto incluye cuatro elementos principales:

- un Comité Directivo del TPOS 2020 responsable de la supervisión y de la coordinación;
- un Foro de Recursos diseñado por patrocinadores y otros responsables de la coordinación de recursos;
- un Ejecutivo formado por los responsables de los anteriores; y

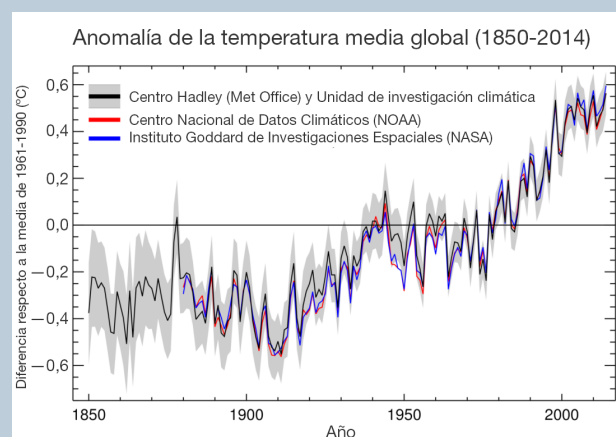
- una Oficina de Proyectos enfocada en las actividades de coordinación, apoyadas y financiadas por los patrocinadores.

Es a través de estas asociaciones y estructuras de gestión como el TPOS 2020 diseñará un sistema moderno y sostenido de observación del Pacífico tropical que satisfaga las necesidades científicas y sociales del futuro.

## Oportunidades

Vale la pena repetirlo. Estamos en una etapa crucial de la observación y la predicción del fenómeno de ENOS. Para que el MMSC y la OMM respondan a la creciente demanda de unos servicios climáticos más sofisticados, necesitamos observaciones y modelos de predicción climática precisos y fiables. La tecnología tiene mucho que aportar: la próxima década promete apasionantes avances en este campo, autonomía y plataformas de los que la comunidad observadora y predictora podría sacar partido. Científicos, expertos e ingenieros necesitan aprovechar la ocasión para mejorar y hacer más eficientes las observaciones y los modelos, y para proponer nuevos enfoques a la hora de afrontar los retos de la observación de ENOS.

## 2014, el año más cálido jamás registrado



La OMM ha clasificado 2014 como el año más cálido jamás registrado después de contrastar los principales conjuntos de datos internacionales. La OMM apuntó que la diferencia de temperatura entre los años más cálidos es solo de unas centésimas de grado, o sea, menor que el margen de incertidumbre.

La media global de la temperatura del aire sobre la tierra y en la superficie del mar en 2014 fue 0,57 °C (1,03 °F) superior a la media de 14,00 °C (57,2 °F) del periodo de referencia 1961-1990. En comparación, las temperaturas fueron 0,55 °C (1,00 °F) superiores a la media en 2010 y 0,54 °C (0,98 °F) por encima de la media en 2005, según los cálculos de la OMM. El margen de incertidumbre estimado es de 0,10 °C (0,18 °F).

Michel Jarraud, Secretario General de la OMM, declaró que “la tendencia del calentamiento global es más importante que la clasificación de un año en particular” y que “el análisis de los conjuntos

de datos indica que 2014 fue nominalmente el año más cálido registrado, aunque hay una diferencia muy pequeña entre los tres años más cálidos”. El Secretario General también señaló que: “Catorce de los quince años más cálidos tuvieron lugar en este siglo. Esperamos que el calentamiento global continúe, dado que los crecientes niveles de gases de efecto invernadero en la atmósfera y el incremento del contenido calorífico de los océanos nos conducen a un futuro más cálido”.

Alrededor del 93% del exceso de energía atrapada en la atmósfera debido a los gases de efecto invernadero proveniente de combustibles fósiles y de otras actividades humanas acaba en los océanos. Por lo tanto, el contenido calorífico de los océanos resulta fundamental para comprender el sistema climático. Las temperaturas globales de la superficie del mar alcanzaron niveles récord en 2014. Sin embargo, es de destacar que las altas temperaturas de 2014 se produjeran en ausencia de un desarrollo pleno de El Niño, el cual tiene un impacto en el calentamiento global del clima.

“En 2014, los récords de calor combinados con lluvias torrenciales y crecidas en muchos países y con sequías en otros, son coherentes con lo esperado de un clima en cambio”, declaró el Sr. Jarraud.

El análisis de la OMM se basa, entre otros, en tres conjuntos de datos complementarios mantenidos por el Centro Hadley (Met Office) y la Unidad de investigación climática de la Universidad de East Anglia, Reino Unido de Gran Bretaña e Irlanda del Norte (combinados); por el Centro Nacional de Datos Climáticos de la NOAA; y por el Instituto Goddard de Investigaciones Espaciales, dirigido por la Administración Nacional de Aeronáutica y del Espacio (NASA).